

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 27720081152898

UDC _____

厦门大学

硕士学位论文

股票市场波动率的实证研究

——基于 GJR-HEAVY 模型

The Empirical Study of Stock Market Volatility

—Based on GJR-HEAVY Model

谢 洁

指导教师姓名: 潘 越 副教授

专业名称: 金 融 学

论文提交日期: 2011 年 4 月

论文答辩日期: 2011 年 5 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 年 4 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

波动率直接与金融资产的定价和风险管理等问题相关,因此研究波动率及其预测模型具有现实意义。研究波动率的模型按照数据类型可分为,高频数据和低频数据两大类。大量实证结果表明,由于高频数据包含更多资产价格信息,其在波动率预测和刻画方面更具优势。已实现波动率模型就是其中的一类高频模型。

HEAVY 模型是一类基于已实现波动率建模的模型,由 Shephard 和 Sheppard 所提出;并已采用国外数据研究表明可以提升波动率预测能力。由于此类模型比较新颖,国内鲜有相关的研究成果,因此本文的贡献之一是使用中国 A 股市场的数据,验证 HEAVY 模型是否能适用于我国资本市场。

在低频模型中,研究结果表明收益率的正负将对波动率产生不同的影响。原有的 HEAVY 模型并没考虑到这一效应,因此本文的另一大贡献是将杠杆效应加入到原有模型中,拓展成为 GJR-HEAVY 模型,并采用国内外共计 16 个股票指数序列进行实证研究。

已实现波动率指标包含已实现方差和已实现核,因此在对国外股票指数进行研究时,分别采用了这两种指标。实证结果表明,杠杆效应显著大于 0,表明前一日收益率正负对波动率有不同的影响,即拓展的模型将比原有模型更能刻画波动率的运动过程。本文还对 GJR-HEAVY 模型进行了样本外预测,将其预测效果与 HEAVY 模型和 GARCH 模型做比较,发现无论使用何种已实现波动率,拓展后的模型比其他两个模型在预测能力上都更好。基于 HEAVY 类模型,将两种不同的已实现波动率指标的预测效果进行比较,发现当采用已实现核的效果优于已实现方差。

当将 HEAVY、GJR-HEAVY 模型运用于中国 A 股市场时,由于受高频数据库的限制,无法获得计算已实现核所需要的按逐笔交易记录的高频数据,因此仅使用已实现方差进行了实证。选取沪深 300 指数作为我国 A 股市场的指标,实证发现 HEAVY、GJR-HEAVY 模型均适用于我国市场波动率的研究,就预测效果来看,本文拓展的新模型具有更好的预测能力。

关键字: 已实现波动率; GJR-HEAVY 模型; 实证研究

Abstract

Volatility has been used in assets pricing and risk management, it is meaningful to research on volatility and relative forecasting models. According to the types of data, the models can be identified as high-frequency or low-frequency type. There are a large number of literatures manifesting that the high-frequency model has better behavior in describing and forecasting volatility because that it grabs more information about prices,. And realized volatility model is one kind of high-frequency.

HEAVY models which were presented by Shephard and Sheppard are based on realized volatility, and they can promote the forecasting ability when foreign data are applied. For these models, there were no empirical findings by using China stock market data, so one of contributions is estimating the models by using China stock market data to find whether or not the models are suitable.

In the low-frequency framework, the sign of the today's return rate has different influence on volatility of the coming day. But the original model didn't consider this leverage effect, so we expanded HEAVY model into the so-called GJR-HEAVY model by adding this effect. We also did empirical study on this model by 16 stock market indexes sequences.

There are two realized volatility estimators, realized variance and realized kernel, so we used the two separately when researching the foreign markets. The result showed that parameters of the leverage effects are significantly positive, which means the new model has a better describing ability. Using the same sequence, we did the out sample forecasting. Compared with HEAVY or GARCH model, our model has better forecasting performance whenever using realized variance or kernel. In the same framework, we found that the realized kernel is better than realized variance in the forecasting performance.

Limited to the availability of the database in China, we can't get the high frequency data which is recorded by every single trade, so we can't compute the realized kernel. We used the realized variance of Hushen 300 index to estimate the parameters; the results show the main parameters are significant which means the HEAVY and GJR-HEAVY models are suitable for China stock market. Similar to the conclusion of the foreign market, we found our model also did a better job in the criteria of forecasting performance when domestic data are employed.

Keywords: realized volatilities; GJR-HEAVY model; empirical study

目录

第一章 引言	1
第二章 文献综述	4
2.1 国外文献综述	4
2.2 国内文献综述	6
第三章 模型设定	8
3.1 数据结构论述	8
3.2 估计模型设定	9
3.3 动态过程	11
3.4 基本模型的估计	13
第四章 数据处理及统计特征描述	15
4.1 数据库简介	15
4.2 数据处理	17
4.3 统计特征描述	18
第五章 实证结果和分析	24
5.1 模型参数估计	24
5.2 模型预测效果检验	34
5.3 中国 A 股市场波动率的研究	40
第六章 结论及未来工作展望	45
参考文献	47
附录.....	51

CONTENTS

Chapter 1 Introduction.....	1
Chapter 2 Literature Review	4
2.1 English Literature Review	4
2.1 Chinese Literature Review	6
Chapter 3 Model Setting	8
3.1 Data Structure	8
3.2 Model Setting.....	9
3.3 Dynamics.....	11
3.4 Model Estimation	13
Chapter 4 Data Processing and Statistics	15
4.1 Introduction of Database.....	15
4.2 Data processing	17
4.3 Statistics	18
Chapter 5 Empirical Results and Analysis.....	24
5.1 Parameters.....	24
5.2 Forecasting Performances.....	34
5.3 Empirical Study of China Stock Market.....	40
Chapter 6 Conclusions and Future work	45
References	47
Appendix.....	51

第一章 引言

由美国次贷危机所引发的全球金融海啸刚刚退去,此次危机让世人深刻认识到金融衍生品风险控制的重要性。直接与风险控制相关的是金融资产的波动率,它是资产的重要特征之一,能应用于包括资产定价,风险管理等方面。在学术界,研究波动率本身及波动率预测模型一直是国内外学者的热点论题。

股市是国民经济的晴雨表,而股票指数是整个市场的风向标。通过国内和国外股票市场波动率的研究,可以从某些角度发现我国 A 股市场与国外成熟股票市场的差距,并为我国 A 股市场良好、有序和规范的发展提供政策建议。

在金融市场中,信息持续影响着证券市场价格的运动过程,因此离散采集的数据必然会带来不同程度的信息缺失,选择一个采集频率更高的数据,可以包含更多更丰富的信息,可以带来波动率模型的预测和刻画能力的改进。自然地,根据数据频率类型可以将波动率模型分为:基于低频数据的低频模型和基于高频数据的高频模型。

20 世纪九十年代之前,研究波动率主要采用以日、周、月和季度作为时间间隔的低频数据,并形成了两类比较完善的模型系统:一类是基于自回归的 ARCH 类模型 (Engle, 1982^[1]; Bollerslev, 1986^[2]); 另一类是基于随机波动的 SV 类模型 (Taylor, 1982^[3]; Tauchen 和 Pitts, 1983^[4])。而高频数据序列通常是指以小时、分钟、秒、甚至笔为频率所采集的,有时候为了区分,将最后一种称为超高频数据序列。高频模型的研究必须基于高频数据库的建立,伴随着信息化革命而来的计算机和通讯技术进步让这一切变为可能。高频数据库的建立和发展,使得一些计量经济学家开始转入这一领域的研究。

已实现波动率(realized volatility)是基于高频数据所构建的波动率估计因子,在一定条件下,是积分波动率的一致估计量。Andersen 和 Bollerslev 两位计量经济学家在此研究领域做出了巨大贡献。经过国内外学者近 20 年来的研究,已在已实现波动率的统计特征及其相关模型的研究方面取得了丰硕的成果,HEAVY 模型就是其中的一类模型。

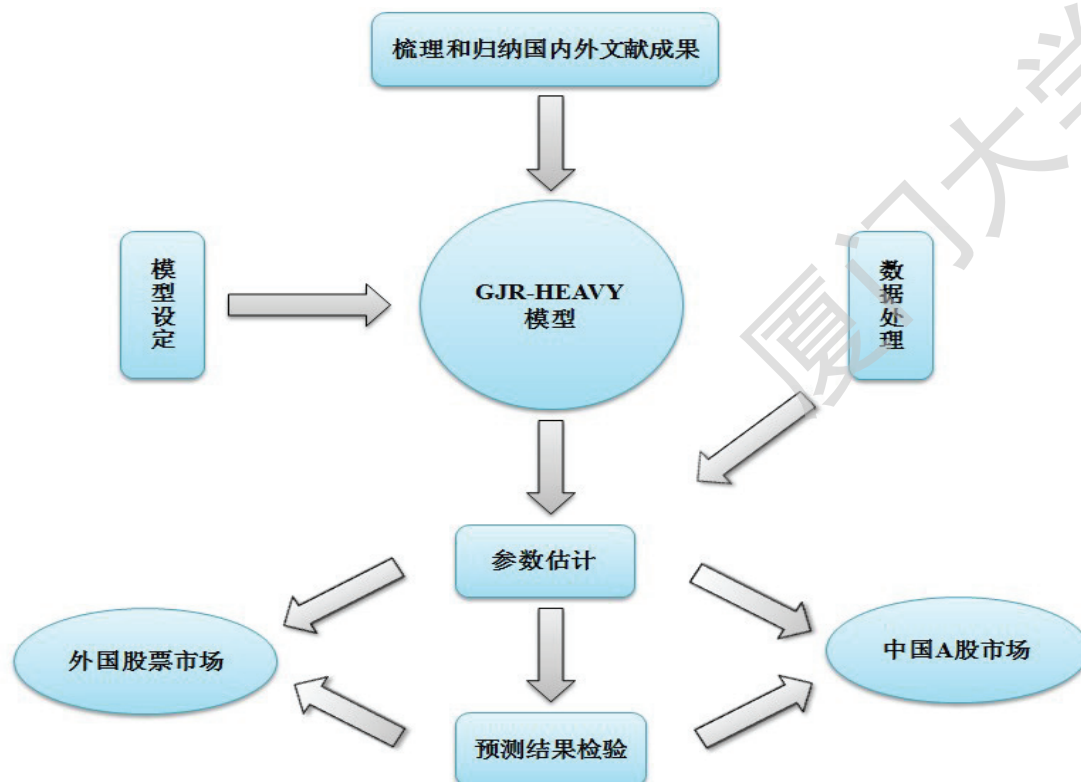
HEAVY (Shephard 和 Sheppard(2010))^[5]是 High-frEquency-bAased Volatility

的缩写，即基于高频数据的波动率。这是一类专门使用高频数据预测资产收益率波动率的模型，它充分考虑到了均值回归和惯性的问题。在当存在某些结构性突跃的情况下，此类模型能很快适应波动率数值水平的变化，并表现得相当稳健。甚至当波动率水平发生剧烈变化时，或是在压力环境下时，HEAVY 模型也能有很好的刻画和预测市场波动率能力。

基于 HEAVY 模型，采用国外的高频数据进行的实证结果，其在预测能力方面优于 GARCH 模型。中国资本市场起步较晚，与西方成熟资本市场之间存在相当大的差距，适用于国外市场的模型未必能在我国资本市场同样有效。迄今为止，国内鲜有出现以 HEAVY 模型作为分析框架的实证研究，因此在本文中，将采用沪深 300 指数进行参数估计和预测效果检验，以考察 HEAVY 模型是否适用于我国资本市场波动率的研究。

在低频模型中，Golsten, Jagannathan 和 Runkle (1993)^[6]的研究结果，波动率具有杠杆效应，即前一日收益率的正负对以当前波动率的影响是不同的。而此前的 HEAVY 模型并没有考虑到这一因素，因此本文将 HEAVY 模型进行拓展，加入杠杆效应成为 GJR-HEAVY 模型。本文将采用国外 15 只股票指数和沪深 300 指数的高频数据，对此拓展模型进行实证分析。

本文的研究思路可以总结为：



本文的主要贡献有：

1、使用 GJR-HEAVY 模型对国外股票市场波动率进行考察得到，杠杆效应显著大于 0，即新拓展的模型具有更好的波动率刻画能力。

2、同样地，基于国外市场，将本文拓展的模型与原有模型进行预测效果检验，得到 GJR-HEAVY 模型具有更好的波动率预测能力。

3、将 HEAVY 类模型引入到了中国 A 股市场的研究，实证结果显示，此类模型仍将适用于我国市场，对比预测能力，得到了与国外一致的结果。

本文的结构编排为：第一部分为文献综述，第二部分为模型设定，第三部分为数据处理及统计特征描述，第四部分为实证结果与分析，第五部分为结论与未来工作展望。

第二章 文献综述

2.1 国外文献综述

使用低频数据研究金融资产的波动率,早在上世纪就已形成了比较成功的模型,一类为 Engle(1982)^[1]和他的学生 Bollerslev(1986)^[2]所提出的 ARCH 类模型,另一类为 Taylor(1982)^[3]、Tauchen 和 Pitts(1983)^[4]的 SV 模型。计算机技术和通信技术的发展,使得高频数据的建立成为现实,所以当高频数据出现之后,一些计量经济学家将研究重心转向了此领域,试图将上述两类模型直接用于高频数据的研究。然而情况并不理想,因为在建模的过程中将遇到“维数灾难”的难题。

在直接推广低频中的模型受阻之后,一些学者开始将研究方向转移到“已实现”波动理论的模型,基本原理是通过“已实现”波动理论将潜在的波动过程转换为可观测的过程,进而可以用常规的建模技术进行建模。关于已实现波动率, Merton (1980)^[7]研究发现,当样本的频率充分大的时候,通过对高频变量的平方进行求和,就可以将一个独立同分布随机变量(在一个固定期限内)的方差估计得非常准确,这就是最原始的已实现波动率。Andersen 和 Bollerslev(1998)^[8]利用高频数据结构构建了日内数据收益率作为事后波动率,这就是日已实现波动率(Realized Volatility)。已实现波动率没有模型(model free),不需要进行复杂的参数估计,和传统的 ARCH 类模型和 SV 类模型有明显的不同,可以解决这两类模型应用于高频数据建模时所遇到的“维数灾难”的难题。Andersen, Bollerslev, Diebold 和 Labys(2001)^[9]、Barndorff-Nielsen 和 Shepard (2002)^[10]进一步应用二次方差理论证明了:当时间间隔取固定值时,若时间间隔的最大值趋于 0,那么日内收益率的平方和会收敛于真实波动率。即随着对波动过程样本频率的提高,已实现波动率将是积分波动率的一致估计量。

在构建已实现波动率时,并非抽样频率越高,包含的信息越多,就能导致其估计效果更好。因为高频数据本身具有由市场微结构(market microstructure)所产生的噪音,抽样频率越大,噪音越大,将会影响其对于波动率运动过程的刻画和预测能力,这就是市场微结构效应。所谓市场微结构效应是指由于交易的不同步交易(Asynchronous Trading)、竞一要价跃动(Bid-ask Bounce)和闭市效应

(Market Closing Effects) 等引起的高频收益率的序列相关从而导致相关指标偏离信息的真实反映^[11,12]。

已实现波动率是一种基于高频数据的价格每日变动的非参估计量。具体而言,它包含两类估计量:一类为已实现方差(Realized Variance),已被 Andersen *et al.* (2001b)^[13]、Barndorff-Nielsen 和 Shephard (2002)^[10]等系统研究过了。另一类为已实现核(Realized Kernel),这是一类对市场微结构等影响因素而显现出一定稳健性的估计因子,由 Barndorff-Nielsen *et al.* (2008)^[14]所提出。可供已实现核选择替换的包括 Zhang *et al.* (2005)^[15]、Zhang (2006)^[16]的多道定标估计因子(multiscale estimator)和 Jacod *et al.* (2009)^[17]的平均前估计因子(pre-averaging estimator)。

Andersen *et al.* (2001a, b, 2003, 2007)^[9,13,18,19]应用高频数据系统地研究了 ARCH 系列模型或其滞后变换形式。一些学者强调时间序列的长期记忆性这一特质,他们在假设时间序列遵循不同的随机过程的情形下,就统计推断方面做出了大量研究。其中一些文章与 Corsi (2009)^[20]的模型类似,这个模型不仅使得参数估计变得更加容易,而且还能更好地刻画长期记忆性的某些方面。

Engle (2002)^[21]估计了 GARCHX 类模型,所采用的数据是以五分钟数据计算的已实现波动率。在实证中,他发现前一日收益率的平方的回归系数很小。Lu (2005)^[22]将已实现方差的滞后项加入其中,并针对此类 GARCHX 模型做了更广泛的实证分析。

Engle 和 Gallo (2006)^[23]在 Engle (2002)^[21]的工作做出了创新,将研究投向了多重波动率指标的构造,试图将日交易的信息更多地融合到新构造的指标中;这些指标包含了日收益率范围等,而非仅仅包含那些理论上的高频数据统计量。他们还将这些指标引入到了 VIX 模型中,运用了包括日绝对收益率、日收益率范围和已实现方差的三变量系统对多步前的波动率预测进行了研究;实证结果表明日收益率在整个预测中占据了很重要的地位。

Brownlees 和 Gallo (2010)^[24]在进行风险管理研究时也采用了高频数据,文章所采用的模型将收益率的条件方差和预测的已实现波动率的仿射变换直接链接起来,事实上,这也是一类“HEAVY”模型的分支。Maheu 和 McCurdy (2009)^[25]所采用的模型和 Brownlees 和 Gallo (2010)^[24]有些相似,但他们更多地致力于如

何运用开盘收盘 (open -to-close) 日收益率构建估计预测模型 (例如, 忽略隔夜影响), 这也使得已实现方差能在更大程度上掌握着资产价格的变动。

Bollerslev *et al.* (2009)^[26]利用多重波动率指标和日收益率进行建模, 得到的此类收益率模型拥有的条件方差也就是已实现方差。

Shephard 和 Sheppard (2010)^[3]对 HEAVY 模型进行了系统的介绍, 并应用西方股票市场指数和外汇指数等的高频数据进行了实证分析, 得出 HEAVY 模型能较容易进行估计, 当波动率发生剧烈变化时能比传统的 GARCH 模型表现得更加稳健, 能更快地适应新的波动率水平。HEAVY 模型所采用的方法与以往相比有些不同, 它跳出了由 Engle (1982)^[1]和 Bollerslev (1986)^[2]所提出的 ARCH 类模型的分析框架, 选择通过高频信息领域去支持和拓展它们。这类模型同样引用了 Engle (2002)^[21]、Engle 和 Gallo (2006)^[23]以及 Cipollini *et al.* (2007)^[27]的研究中有关通过多个波动率指标汇集信息的思想, 与此同时也包含了 Brownlees 和 Gallo (2009)^[24]所采用的以已实现测度之于风险管理中的思想。HEAVY 模型可以被认为是 Engle 等人所提出模型的一个子集, 是一类用作特殊用途的模型。

2.2 国内文献综述

施红俊、马玉林和陈伟忠 (2003)^[28]系统地介绍了当时国外有关已实现波动率的研究成果, 不过他们在文章中将 “realized volatility” 直译为实际波动率。

黄后川、陈浪南 (2003)^[29]应用高频数据估计我国股市的已实现波动率。实证结果表明, 我国资本市场的市场指数与个股的高频交易数据所蕴含的市场微结构噪音不同。当使用较高频率的数据时, 个股的波动率估计值将大大增大, 而股市指数的波动率估计值却大大减小。

徐正国、张世英 (2004)^[30]为了减少已实现波动率的测量误差, 提出了更有效的调整已实现波动率。并针对调整已实现波动率的长记忆性和 “杠杆” 效应建立 ARFIMAX 模型, 通过设定一系列的标准, 全方位地比较了基于调整已实现波动率的 ARFIMAX 模型、GARCH 模型和 SV 模型的预测能力。

施红俊、陈伟忠 (2005)^[31]通过随机抽取沪深两市 30 只股票的数据, 构造了月度的已实现波动率, 通过对数化其序列发现其分布和正态分布无差异, 月度收益率经月已实现波动率调整后也与正态分布无差异。

唐勇、刘峰涛(2005)^[32]概述了已实现波动率的研究进展,并针对 ARCH 类、SV 类等主流波动模型实际应用中的问题,从理论上指出了解决维数“灾难”、参数估计等方法。该文着重介绍了已实现波动率、已实现协方差的构建以及与积分波动、积分扩散阵之间的相互关系,和关于这些模型的国外实证成果,同时又简介了当时用已实现波动率的测量方法构建的一些模型。

郭名媛、张世英(2006)^[33]将已实现波动率引入到了 VaR 的计算中,文中针对“已实现”波动率进行建模和预测,并计算出了对应的 VaR 值;对上海股票市场的 VaR 序列的持续性展开实证分析,得到其 VaR 序列存在持续性。

魏宇(2010)^[34]使用沪深 300 股指期货的仿真交易数据,对其波动率的预测结果发现,基于高频数据的已实现波动率模型预测精度高于历史波动率模型。

综上,国外学术界已从理论模型和实证方面做了大量工作,对于采用高频数据进行波动率的预测已形成了一系列专门的研究模型。HEAVY 模型是近年来才出现的新模型,经过实证检验证明,其在波动率刻画和预测方面较 GARCH 模型更具优势。国内高频数据库的不易获得性,使用高频数据进行实证研究受到限制,国内存在大量的已实现波动率研究的方法综述文献,实证模型大多都是基于低频数据模型的拓展,对于波动率的预测研究成果较少。此外国内鲜有 HEAVY 模型的实证研究,在本文的实证中将使用沪深 300 指数的高频数据对此模型进行参数估计,检验其是否能适用于我国 A 股市场的波动率研究。

由于在低频数据模型的研究中已发现前一日收益率的正负对于当前波动率存在不同的影响(Golsten, Jagannathan 和 Runkle (1993)^[6]),而原有的 HEAVY 模型并没加入杠杆效应,因此本文将此效应加入到原有模型中,拓展成为 GJR-HEAVY 模型,并考察其在国内国外股票市场指数的波动率刻画和预测能力。

第三章 模型设定

3.1 数据结构论述

假设金融资产的日收益率序列为：

$$r_1, r_2, \dots, r_T$$

对应的日已实现波动率序列为：

$$RM_1, RM_2, \dots, RM_T$$

其中：1, 2, ..., T 为交易日。

已实现波动率是一种对上市金融资产频繁交易时间内价格趋势变动的高频非参数估计因子，它忽略了隔夜价格的变动（variation of prices overnight）。由于每日开盘的最开始几分钟的交易价格信息蕴含了相当大的误差，故在实证研究中，有些时候还忽略了这些价格的变动。更多关于已实现波动率的研究，可详见 Andersen *et al.* (2009)^[35]和 Barndorff-Nielsen 和 Shephard (2007)^[36] 等相关文献。

最简单的已实现波动率是已实现方差（RV）：

$$RM_t = \sum_{0 \leq t_{j-1,t} \leq t_{j,t} \leq 1} x_{j,t}^2 \quad (1)$$

$$x_{j,t} = X_{t+t_{j,t}} - X_{t+t_{j-1,t}}$$

其中， $t_{j,t}$ 是交易日 t 的所有交易或者报价（或者是它们中的一个子集）的标准化时间。理论上，已实现方差这一估计因子的校准方法为：假定所观测到价格信息均不包含噪音，当 $\min_j |t_{j,t} - t_{j-1,t}| \rightarrow 0$ 成立时，RV 即为交易日 t 的价格二次方变化过程的一致估计量。Andersen *et al.* (2001b)^[13]和 Barndorff-Nielsen 和 Shephard (2002)^[10]已从计量经济学的角度对此方法进行了概述。然而在实证研究中，由于市场微结构的噪音对信息有比较大的影响，所以学者们大多采用 1-5 分钟的收益率数据或者以日单笔交易数据的子集（例如每 15 笔交易数据）来减轻此类噪音造成的影响。Hansen 和 Lunde (2006)^[37]对市场微结构噪音所带来的影响

进行了系统的研究,如果每次采用交易数据的一个子集来构造已实现方差,那么是可以通过这些不同子集所得到的估计量求均值以获得令人满意的结果,这个过程就称作为子抽样过程 (subsampling)。故在报告已实现方差估计量时,研究者们通常将对数据本身进行最大程度的子抽样,以此获得平均值。这种做法在理论上是常用的,尤其是存在一定程度的噪音时效果会表现得更好。

能在一定条件下对存在噪音显得稳健的估计因子包括三类: 平均前估计因子 (Jacod *et al.*, 2009)^[17]、多道定标估计因子 (Zhang, 2006; Zhang *et al.*, 2005)^[15,16] 和已实现核 (Barndorff-Nielsen *et al.*, 2008)^[14]。本论文在进行国外股市指数研究的时候,将采用已实现核 (Realised Kernel) 作为两大已实现波动率之一,具体构造方法是以 Parzen 权重函数为基础的,经过此法得到的已实现核与 HAC 类估计因子有一定的相似之处。

$$RM_t = \sum_{h=-H}^H k\left(\frac{h}{H+1}\right) \gamma_h, \quad (2)$$

$$\gamma_h = \sum_{j=|h|+1}^n x_{j,t} \cdot x_{j-|h|,t}.$$

其中, $k(x)$ 为 Parzen 权重函数:

$$k(x) = \begin{cases} 1 - 6x^2 + 6x^3, & 0 \leq x \leq 1/2, \\ 2(1-x)^3, & 1/2 \leq x \leq 1, \\ 0, & x > 1. \end{cases}$$

当存在噪音时候,为使得更一致地估计波动率二次方变动的增量,就必须让 H 随着样本大小的增大而增大。关于已实现核的构建,将采用与 Barndorff-Nielsen *et al.* (2009a)^[38]一样的方法,选择出 H 合理的范围。从 (2) 得到的已实现核也保证了其非负性,一些时间序列模型就是基于这一性质所构建的。

3.2 估计模型设定

时变波动率的基本模型是由 Engle (1982)^[1]和 Bollerslev (1986)^[2]所建立的 GARCH 模型:

$$\text{var}(r_t | F_{t-1}^{LF}) = \sigma_t^2 = \omega_G + \alpha_G r_{t-1}^2 + \beta_G \sigma_{t-1}^2$$

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕